

# RMS 对航空装备作战使用影响的仿真

陈云翔<sup>1</sup>, 宋笔锋<sup>1</sup>, 项华春<sup>2</sup>, 田涛<sup>3</sup>

(1. 西北工业大学, 陕西 西安 710072; 2. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 3. 空军装备研究院, 北京 100076)

**摘要:**根据系统可靠性仿真实论,运用计算机仿真方法,对 RMS 影响武器装备作战使用的问题进行了分析。建立了 RMS 仿真模型,提出了 RMS 在作战过程中的实时仿真方法。

**关键词:**装备; RMS; 仿真

**中图分类号:** V267 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2005)06-0007-03

可靠性、维修性、保障性是武器装备的重要指标<sup>[1]</sup>,对武器装备的作战效能具有倍增器的作用。在武器装备作战仿真过程中考虑可靠性维修性保障性的影响因素,不但可以使作战使用仿真过程更加真实,而且可以确定可靠性维修性和保障性对武器装备作战使用的影响,为装备作战使用、作战预案验证、武器装备的研制和改进提供决策支持。

## 1 仿真数学模型

在仿真中将装备分为3级:装备级、系统级和设备级。以作战飞机为例,装备级指的是作战飞机本身,系统级指的是飞机所包含的系统,例如动力装置、燃油系统、飞控系统等等;设备级指的是系统所包含的设备,例如动力装置的发动机、燃油系统的燃油泵等等。

### 1.1 设备级 RMS 仿真数学模型

设随机变量  $\xi$  具有分布函数  $F(x)$  (或已知分布密度函数  $f(x)$ ),则  $Z = F(\xi)$  是  $[0, 1]$  上均匀分布的随机变量<sup>[2]</sup>。假设设备的故障服从一定的分布  $F(t)$ ,则  $Z = F(t)$  服从在区间  $[0, 1]$  的均匀分布。使用在区间  $(0, 1)$  内的均匀伪随机数,生成  $n$  个  $F(t)$  的值,记为:  $p_1, p_2, \dots, p_n$ 。根据  $F(t)$  的反函数  $t_i = F^{-1}(p_i), i = 1, 2, \dots, n$ 。得到所需的模拟数据  $t_1, t_2, \dots, t_n$ ,则  $t_1, t_2, \dots, t_n$  就是设备第1次至第  $n$  次的故障时刻。

设备第  $i$  次故障的故障间隔时间为  $t_{i+1} - t_i$ ,其中  $t_{i+1}$  和  $t_i$  分别为第  $i+1$  次和第  $i$  次故障的故障时刻。

### 1.2 系统级 RMS 仿真数学模型

得到设备级的故障结果后,建立系统故障树,故障树的顶事件为系统失效,底事件为设备的失效事件<sup>[3]</sup>。在引入时间参变量情况下,故障树的结构函数用  $\phi[X(t)]$  表示。其中  $X(t)$  为  $x_i(t), (i = 1, 2, \dots, n)$  构成的向量,即有  $X(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_i(t), \dots, x_n(t)]$ 。式中  $x_i(t)$  表示有第  $i$  个底事件的状态变量。取

$$x_i(t) = \begin{cases} 1 & t \text{ 时刻第 } i \text{ 个底事件发生} \\ 0 & t \text{ 时刻第 } i \text{ 个底事件未发生} \end{cases} \quad \text{用 } \phi(t) \text{ 表示 } t \text{ 时刻状态变量,有 } \phi(t) = \begin{cases} 1 & t \text{ 时刻顶事件发生} \\ 0 & t \text{ 时刻顶事件未发生} \end{cases}$$

且  $\phi(t)$  的取值为  $\phi(t) = \phi[X(t)]$ 。

系统发生影响任务的故障以后,对整个装备有3种影响,一是装备退出作战任务,二是装备退出仿真(例如飞机因为故障而坠毁),三是降阶使用。通过统计,可以得到系统发生故障后装备退出任务的比例  $n$ 。在 0 到 1 之间随机产生一随机数  $m$ ,若  $m$  小于  $n$ ,则认为系统发生故障以后,装备退出作战任务,反之则认为

收稿日期:2005-07-15

基金项目:军队科研基金资助项目

作者简介:陈云翔(1962-),男,江苏句容人,教授,博士生导师,主要从事装备保障研究。

系统发生故障以后,装备退出仿真。

### 1.3 系统降阶使用的处理

系统发生故障后,往往会降阶使用。这样,系统在整个仿真过程中总共有三种状态(状态转移见图 1):完好、降阶使用和完全故障状态。根据不同的系统,降阶使用状态又可以分为几个不同的状态(例如某系统存在两种降阶状态:降阶 70% 使用状态和降阶 90% 使用状态等)。用  $X(t)$  表示  $t$  时刻系统可能的状态,则

$$X(t) = \begin{cases} 0 & \text{系统正常} \\ 1 & \text{系统降阶使用} \\ 2 & \text{系统完全故障} \end{cases}$$

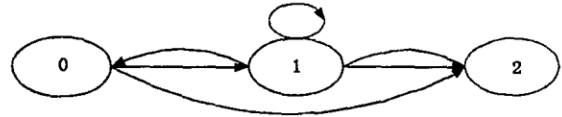


图 1 执行任务过程中可维修装备状态转移图

### 1.4 系统或设备开关机的处理

在装备遂行作战任务的过程中,系统或设备存在着开关机的情况。在仿真过程中,当系统或设备关机后,计算其剩余寿命;当系统或设备开机后,当前仿真时刻加上剩余寿命就可以得到下一次故障时刻。

### 1.5 毁伤的处理

在作战过程中,装备在敌方的打击下造成毁伤。对于被毁伤的系统(或子目标),重新计算其故障间隔时间,在毁伤被修复之后,计算其故障时刻。

## 2 仿真流程图

在仿真中,首先计算设备的故障间隔时间和修复时间,然后由所得的结果计算系统的故障间隔时间、故障时刻和修复时间。当装备发生故障时,判断其故障严重程度和故障修复时间。计算系统的故障间隔时间、故障时刻和修复时间的流程见图 2,作战过程 RMS 仿真流程见图 3。

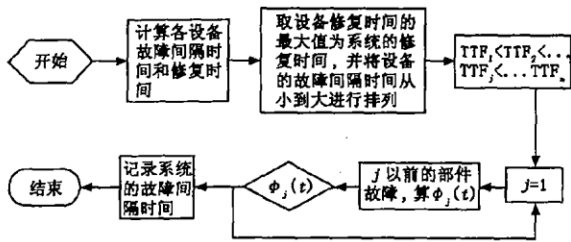


图 2 系统 RMS 仿真流程

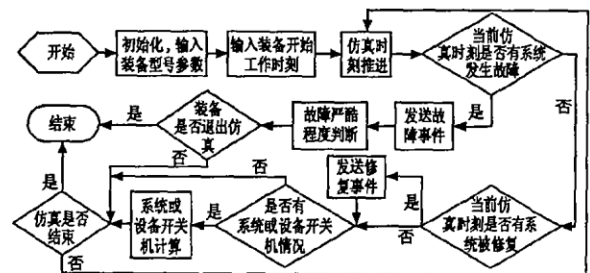


图 3 作战过程中 RMS 仿真流程

## 3 接口设计

RMS 仿真程序封装成动态链接库,与其他的仿真模型一样提供给各仿真对象使用。RMS 仿真模型通过 I/O 端口与同一仿真对象中的仿真模型通信。所谓 I/O 端口实际上是一个可以安全地被多个仿真模型共享的缓冲区。缓冲区指针被封装成一个句柄对象。

RMS 仿真程序对外提供了不同的接口,以满足不同装备 RMS 仿真的需要。RMS 仿真模型与其他仿真对象主要有下列接口:

初始化接口。其他仿真对象通过初始化接口向 RMS 仿真模型提供真对象的型号、对象在仿真中的标识和装备开始工作时刻。

故障及修复事件输出接口。通过此接口,RMS 仿真模型将故障及修复信息发送给相应的仿真对象。

系统和设备的开关机接口。其他仿真对象通过此接口向 RMS 仿真模型发送开关机事件。

毁伤接口。其他仿真对象通过此接口向 RMS 仿真模型发送系统和设备的毁伤事件。

### 4 仿真实例与结论

某型飞机的故障树见图5。

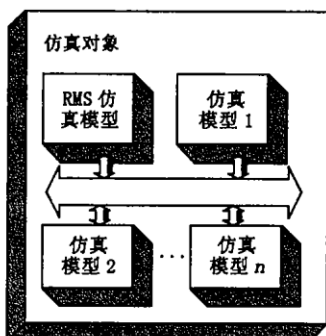


图4 仿真构架图

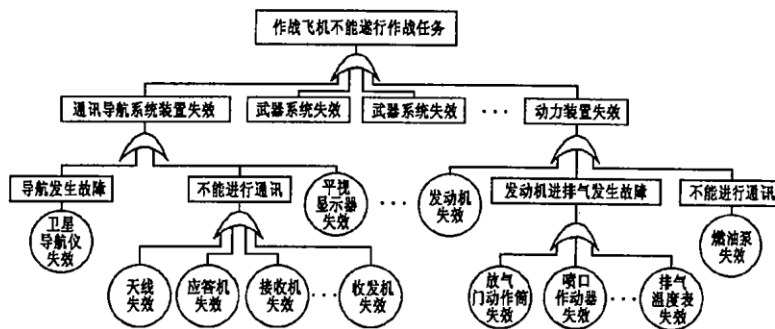


图5 飞机故障树

飞机各设备的失效分布类型及特征参数见表1。1次作战想定中有4架该型飞机出动,仿真结果见表2。

表1 设备失效分布类型及特征参数

设备	函数类别	特征参数/h
卫星导航仪	指数分布	1/λ = 1243.8
天线	指数分布	1/λ = 878.2
应答机	指数分布	1/λ = 432.7
接收机	指数分布	1/λ = 265.3
收发机	指数分布	1/λ = 446.5.1
⋮	⋮	⋮

表2 仿真结果统计表

编号	仿真结果
1	在作战过程中未发生故障
2	837.1 s 发动机故障,降阶使用系数为 0.965。1 435.5 s 发动机再次故障,退出仿真
3	在 1 765.4 s,收发机发生故障,飞机退出任务
4	在作战过程中未发生故障

装备在作战过程中由于发生故障而影响装备任务的完成甚至影响装备的安全。在仿真中能够真实反映出可靠性维修性保障性对装备作战使用的影响。由于建立的是一种通用的可靠性维修性保障性仿真模型,因此,该模型具有很强的通用性。此方法已经在某项工程中得到了应用。

#### 参考文献:

[1] 李云,宁焰. 基于测试-故障-维修关系模型的汽油机故障自动诊断装置[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2001,2(4):80-81.

[2] 杨为民,盛一兴. 系统可靠性数字仿真[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1990.

[3] 章国栋. 系统可靠性与维修性的分析与设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1992.

(编辑:姚树峰)

## Simulation of Effect of RMS on the Equipment Using in Combat

CHEN Yun-xiang<sup>1</sup>, SONG Bi-feng<sup>1</sup>, XIANG Hua-chun<sup>2</sup>, TIAN Tao<sup>3</sup>

(1. North Western Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi 710072, China; 2. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China; 3. The Equipment Research Academy of PLA - AF, Beijing 100076, China)

**Abstract:** Based on system reliability simulation theory, using the method of computer simulation, the paper analyzes the effect of RMS on the equipment using in combat. Simulation model of RMS is built and the method of real time simulation is put forward.

**Key words:** equipment; RMS; simulation